CRP

CONGO RESEARCH PAPERS

Journal des publications scientifiques

Revue Internationale disponible en ligne sur https://congoresearchpapers.net

ISSN : 2957-465X
E-ISSN : 2957-4668

Essai de la combinaison des microdoses d'engrais minéraux avec le super Gro sur la productivité de la nouvelle variété biofortifiée du maïs UPN1 dans un sol sableux de Kinshasa.

David Nsimba Nsiku[1], *Amand Mbuya Kankolongo* [(1,2)], *Christophe Asanzi Mbeyame* [(1,2)], *Richard Risasi Etutu* [(1,3)], *Antoine Mumba Djamba*[(1,2)] *et Jean-Claude Lukombo Lukeba* [(1,2)].

[1]*Département de Phytotechnie, Faculté des Sciences Agronomiques, Université Pédagogique Nationale (RD Congo).*

[2]*Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomique (INERA)*

[3]*Institut Supérieur des Sciences de la Santé de la Croix-Rouge (ISSS/CR).*

Résumé

L'objectif de cette étude était de trouver une modalité de fertilisation qui, associée aux doses modestes d'engrais minéraux, soit capable d'améliorer la productivité et réduire les coûts de production du maïs dans les sols pauvres de Kinshasa. Cinq traitements ont été testés sur la variété UPN1, dans un essai conduit en saison B 2020 au CEPROSEM suivant un dispositif en bloc complet randomisé avec 4 répétitions : T_0= témoin (sans engrais); T_1= 200kg NPK 17-17-17 + 100kg Urée/ha; T_2= 200kg NPK 17-17-17/ha + super Gro (0,1%) ; T_3= 100 kg NPK 17-17-17/ha + super Gro (0,2%) et T_4=100 kg NPK 17-17-17+ 50kg Urée/ha + super Gro (0,1%). Excepté le poids de mille grains qui n'a pas été influencé, les résultats obtenus après analyse de variance ont montré des différences hautement significatives pour les deux premiers paramètres de croissance (HP et DC) et significatives pour le reste. Du point de vue agronomique (productivité physique), la fertilisation à base de 200kg de NPK/ha et Super Gro (0,1%) a donné une bonne croissance des plants et un bon rendement en maïs grain (5,12 t/ha). L'essai devrait être reconduit en Saison A et dans d'autres environnements en vue d'une vulgarisation définitive de cette technologie aux maïsiculteurs congolais.

Mots -clés : Maïs, microdose, engrais, biofertilisants, rendement.

Abstract

The objective of this study was to find a fertilization modality that, combined with modest doses of mineral fertilizer, would be able to improve productivity and reduce production costs of maize in the poor soils of Kinshasa. Five treatments were tested on the variety UPN1, in a trial conducted in season B 2020 at CEPROSEM in a randomized complete block design with four replications: T0= control (no fertilizer); T1= 200kg NPK 17-17-17 + 100kg Urea/ha; T2= 200kg NPK 17-17-17/ha + super Gro (0.1%); T3= 100kg NPK 17-17-17/ha + super Gro (0.2%) and T4=100kg NPK 17-17-17+ 50kg Urea/ha + super Gro (0.1%). Except for the thousand kernel weight which was not influenced, the results obtained after analysis of variance showed highly significant differences for the first two growth parameters (HP and DC) and significant for the rest. From the agronomic point of view (physical productivity), the fertilization based on 200kg of NPK/ha and Super Gro (0.1%) gave a good growth of

the plants and a good yield in corn grain (5.12 t/ha). The trial should be repeated in Season A and in other environments for a definitive extension of this technology to Congolese maize farmers.

Keywords: Maize, microdose, fertilizer, biofertilizers, yield.

INTRODUCTION

En République Démocratique du Congo, le maïs est le principal aliment de base de la plupart des communautés après le manioc. Ainsi, la sécurité alimentaire des populations dépend essentiellement de sa disponibilité. A Kinshasa, l'exode rural et le changement des habitudes alimentaires en faveur du maïs ont occasionné une importante augmentation de sa consommation entre 2008 et 2019, passant de 6 à 12 kg/habitant/an (NSIMBA *et al*., 2019). Dans ce contexte, la faible productivité de la filière maïsicole impose aux décideurs à importer cette denrée à partir des pays voisins pour combler le déficit.

Le pays jouit des conditions pédoclimatiques favorables au développement de cette chaine de valeur (NSIMBA *et al., Op. cit.* ; MULIELE *et al.,* 2017), mais le rendement moyen au niveau national demeure très faible, il est estimé à 0,8 t/ha (CHAUSSE *et al.,* 2012; CAID et PAM, 2018 ; MOKUBA *et al*., 2013). Ceci est dû en partie à l'utilisation, par les agriculteurs, des semences de mauvaise qualité, des variétés en dégénérescence couplé au faible niveau fertilité de la plupart de nos sols.

Pour optimiser la récolte, il faudrait recourir à l'utilisation des variétés à haut potentiel de rendement et des engrais convenables. Les données de la littérature renseignent à suffisance, que les variétés améliorées et les engrais minéraux (NPK, Urée, etc…) ont été à l'origine de l'augmentation de rendement du maïs dans beaucoup de pays (MOKUBA *et al.*, *Op. cit.* ; MBUYA, 2014). Cependant, le coût d'engrais minéraux va au-delà du pouvoir d'achat de la plupart des agriculteurs congolais. Il faut 400 à 600 $ pour fertiliser un hectare de maïs à Kinshasa. De plus, les conséquences agroécologiques voire économiques qu'occasionnent leur intensification et application exclusive sont dissuasives (FAIRHURST, 2015), et cela d'autant plus que : (1) la mauvaise utilisation des engrais chimiques détruit la structure du sol et limitent la restitution de son humus, en empêchant son expression biotique (FRAPNA, 2013) ; (2) leur écoulement dans les eaux constitue une source de pollution pour l'environnement.

Les plantes, comme le maïs, parviennent à peine à prélever 50% de leur application annuelle (THIBODEAU *et al.,* 2006) ; et (3) les engrais chimiques sont trop onéreux, leur prix va au-delà de la bourse de la population cultivatrice.

Aussi, l'utilisation de la matière organique constitue une bonne pratique pour améliorer la fertilité du sol (LUNZE *et al.,* 2007). Seulement, cette pratique nécessite des techniques de gestion parfois consommatrices de temps et de la main d'œuvre, en dépit d'importantes quantités souvent indisponibles à grande échelle (MULIELE *et al.,* 2017).

Les recherches actuelles devraient se pencher sur la valorisation des alternatives agroécologiques et économiques par rapport à l'usage exclusif d'engrais conventionnels. Durant cette dernière décennie, un grand nombre de nouvelles substances a été proposé comme alternative aux fertilisants et aux produits phytopharmaceutiques classiques (FARDEAU et JONIS, 2003 ; BULOT, 2013 ; CALVO *et al.,* 2014) et dont les modes d'action diffèrent. De fait, ils n'apportent pas seulement des solutions aux problèmes agronomiques, mais agissent aussi comme des produits de stimulation des plantes dont le but est de favoriser une meilleure croissance ou d'améliorer la réponse aux stress biotiques ou abiotiques.

La présente étude a été menée au Centre de Production de Semences (CEPROSEM), en saison B de la campagne agricole 2020. L'objectif général était de trouver d'autres formes de fertilisation qui, tout en permettant de limiter l'utilisation des engrais minéraux, seront capables d'augmenter le rendement de maïs et garantir les revenus des producteurs aux alentours de Kinshasa. De manière plus spécifique, nous voulions étudier la réponse de la variété UPN1 de maïs, en termes de croissance et de rendement, aux différentes formes de fertilisation ; et dès lors, identifier la meilleure combinaison engrais chimiques-Super Gro à promouvoir pour la culture du maïs dans cette région de Kinshasa.

La question posée était de savoir si la combinaison de Super Gro avec de faibles doses d'engrais minéraux peut améliorer la productivité du maïs comparativement aux apports élevés des doses habituelles d'engrais minéraux, dans les conditions agroécologiques de Kinshasa. Dans le cas échéant déterminer la dose optimale de ce produit foliaire. Pour répondre à cette question, nous avons émis l'hypothèse selon laquelle les combinaisons Super Gro et faibles doses d'engrais minéraux (NPK17-17-17 et Urée) offriraient de bons comportements agronomiques (croissance et rendement) du maïs par rapport aux parcelles non fertilisées (témoin) et celles fertilisées uniquement aux fortes doses d'engrais minéraux (NPK17-17-17 et

https://doi.org/10.59937/FMTD2916

Urée). L'intérêt d'une telle étude résiderait au profit généré par les producteurs locaux, car cette technologie innovante permettrait d'augmenter le rendement des cultures et de réduire le coût exorbitant de production lié à l'utilisation des engrais.

MATERIEL ET METHODES

Milieu d'étude

La présente étude a été conduite dans le site du Centre de Production des Semences (CEPROSEM) situé à l'extrême Ouest de la ville province de Kinshasa, dans la Commune de Mont-Ngafula, sur la zone de collines portant le même nom.

Le relief de ce site est escarpé dont l'altitude moyenne est de 450m. Cette zone est comprise entre les latitudes Sud 4° 26' 45'' et 4° 27' 37'', et les longitudes Est 15°11'44'' et 15°13'01''.

Climat

Le climat caractéristique du milieu d'étude est celui de la ville de Kinshasa. Cette ville, située à une basse altitude, beigne dans un climat tropical chaud et humide (AW_4 selon la classification de Köppen), avec une température annuelle moyenne de 25°C et une pluviométrie annuelle moyenne de 1.400 mm. Il pleut à Kinshasa, en moyenne 112 jours l'an avec un point culminant de 18 jours de pluies en avril. La ville connaît deux saisons : une saison pluvieuse qui s'étend de mi-septembre à mi-mai avec des pics de précipitations aux mois de novembre et avril, et une saison sèche relativement courte couvrant la période de mi-mai à mi-septembre. L'humidité relative de l'air a une moyenne générale de 79% (SHOMBA *et al.*, 2015). Les données climatiques prélevées durant la période expérimentale, précisément du moment du semis jusqu'à la récolte sont présentées dans le tableau 1 suivant :

Tableau 1. Données climatiques durant la période expérimentale

Mois	**Température (°C)**			**Précipitations**	**Humidité relative (%)**
	maximum	**moyenne**	**minimum**	**Quantité (mm)**	
Mars	32.1	26.8	23.1	157.8	82
Avril	32.5	26.9	22.8	380.5	81
Mai	31.0	26.2	23.1	150.6	85
Juin	27.8	23.4	20.5	0.0	88
Juillet	28.0	22.9	19.3	3.2	81

Source : Agence Nationale de Météorologie et de Télédétection par Satellite (METTELSAT / Station de Binza Delvaux, Rapport 2020).

Relief et hydrographie

La ville de Kinshasa est construite sur un site topographique contrasté, parce qu'à la fois confortable (la plaine : la ville basse) et contraignant (les collines : la ville haute). Le relief est composé d'une plaine marécageuse et alluviale dont l'altitude varie entre 275 et 300 m et d'une région des collines d'une altitude allant de 310 m à 370 m constituée des Monts Ngafula, Ngaliema, Amba et les plateaux de Kimwenza et de Binza (SHOMBA *et al., Op. cit*.). Son réseau hydrographique comprend le fleuve Congo et ses principaux affluents de la rive gauche qui, pour la plupart, sillonnent la ville du Sud vers le Nord. Il s'agit principalement des rivières Lukunga, Ndjili, Nsele, Bombo ou Mai-Ndombe et Mbale.

Sol et végétation

Les sols de Kinshasa sont de type Arénoferrasol, constitué de 80% de sable avec une teneur en argile généralement inférieure à 20%. Ce sol est caractérisé par une faible teneur en matière organique et un degré de saturation du complexe absorbant faible.

Plusieurs types de végétations sont rencontrés dans la ville de Kinshasa, forestière, herbeuse, rudérale et aquatique notamment. Chaque type de végétation est lié à un certain nombre de paramètres écologiques. Le site expérimental avant la mise en place de l'essai a été essentiellement colonisé par une végétation de *Mucuna pruriens.* Toutefois, il a été remarqué la faible présence d'autre espèces végétales : *Cyperus distans, Antephora cristata, Boarhavia diffusa, Croton hirtus , Panicum maximum.*

MATERIEL

Le présent travail a utilisé les matériels biologique, fertilisant et phytosanitaire.

Plante test

Le maïs (*Zea mays* L., var UPN1) a été utilisé comme plante test. Les semences nous ont gracieusement été données par la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université Pédagogique Nationale (UPN en sigle). C'est l'un des fruits des recherches visant la mise au point d'une série des variétés adaptées, productives et possédant de hautes qualités technologiques et nutritives. UPN 1 est une variété qui résiste, grâce à son architecture (racines, tige et feuillage), à la sécheresse et à la verse. De plus, la texture cornée de ses grains lui confère une certaine résistance aux charançons du maïs (*Sytophilus zeamays*).

Cette variété a été obtenue par croisement entre 2 variétés parentes mises au point par l'INERA Ngandajika, Mudishi 1 (source du gène opaque-2) et Katoki wa Lukasa (résistant

à *Sytophilus zeamays*). La variété UPN1 offre une farine de couleur jaune, symbole de sa richesse en β-carotène (qui est le précurseur de la vitamine A). Elle joue aussi un rôle important dans la lutte contre la xérophtalmie. Elle est également riche en deux acides aminés essentiels qui sont la lysine et le tryptophane (Quality Proteine Maize).

Les fertilisants

Deux sortes de fertilisants ont été utilisées dans notre étude, à savoir les engrais solides et les engrais liquides.

1) Engrais solides

Comme engrais solides, le NPK17-17-17 et l'urée ont été appliqués.

- Le NPK 17-17-17 : un engrais choisi parce qu'il contient les trois éléments majeurs essentiels à la plante, l'azote, le phosphore et le potassium.
- L'urée $CO_2 (NH_2)_2$: elle a été sélectionnée à cause de sa forte teneur en azote (46%), à sa solubilité et à sa rapide mise à disponibilité de l'azote pour la plante.

Les engrais minéraux utilisés ont été achetés à Kinshasa, dans le marché des intrants agricoles de Pont Gabi, dans la commune de KALAMU.

(2) Engrais liquide (Super Gro)

Le super Gro est un engrais foliaire, naturel, liquide qui contiendrait, selon le fabriquant, les trois macroéléments nutritifs primaires (N, P et K). Il agit directement sur les feuilles des plantes, sur l'écorce des arbres, et sur les racines. Son choix a été déterminé par le fait qu'il est un produit qui peut être appliqué à toute saison et à tout moment sans aucun problème ; il est biodégradable ; il n'est pas dangereux pour les utilisateurs (innocuité) ; il accroit la pénétration et la rétention de l'eau dans le sol ; il n'altère pas le pH du sol ; il réduit l'évaporation de l'eau dans le sol ; il renforce la pénétration des engrais et des produits phytosanitaires. Il peut donc être appliqué au même moment que les autres intrants pulvérisables.

Produit phytosanitaire

CEPROSEM étant un foyer pour nombre des ravageurs, nous avons recouru à l'EMACOT, un insecticide de contact très efficace contre la chenille légionnaire d'automne. Il est conditionné en sachets de 10 grammes et a été acheté au Pont Gabi dans la commune de KALAMU.

METHODES

Période et conditions expérimentales

La présente étude a été réalisée du 14 mars au 16 juillet 2020, à la station de production de semences du CEPROSEM, sur un bloc à faible gradient de fertilité. La mise en place de l'essai a été précédée, 6 mois avant, par une culture d'aubergine (*Solanum melongena* L.) suivie d'une jachère améliorée avec *Mucuna pruriens*. La période expérimentale était marquée par des irrégularités de pluies comme le démontre le tableau 1 sur les données climatiques de la période expérimentale. Pour pallier ces aléas, une irrigation supplémentaire a été effectuée.

Dispositif expérimental

L'essai avait été réalisé suivant un dispositif en blocs complets randomisés (RCB) avec 5 traitements répétés 4 fois, soit 20 unités expérimentales de 15m^2 chacune. Le sentier séparant les deux blocs du milieu était de 2 m, tandis que ceux séparant les autres blocs étaient de 1 m. Les blocs étaient disposés perpendiculairement au sens du gradient fertilité.

Distantes les unes des autres de 50cm, les unités expérimentales mesuraient chacune 5 m de longueur et 3 m de largeur.

Les traitements suivants ont été étudiés : T_0= Témoin (sans engrais) ; T_1= Témoin avec engrais minéraux (200kg NPK 17-17-17 +100kg d'urée) ; T_2= 200 kg NPK (17-17-17) + Super Gro (0,1%) ; T_3= 100kg NPK (17-17-17) + Super Gro (0,2%) ; et T_4= 100kg NPK (17-17-17) + 50 kg Urée + Super Gro (0,1%).

Unité expérimentale et échantillon

L'unité expérimentale était constituée d'une parcelle de 5 m de longueur et 3 m de largeur, c'est-à-dire quatre lignes de 5 m de long (aux écartements de 0,75 m X 0,25 m soit 84 plants). Pour limiter les effets de bordure, seules les deux lignes centrales de chaque parcelle expérimentale ont été considérées pour la collecte des données, en excluant aussi les deux plants extrêmes de chaque ligne. Ce qui a ramené la taille de l'échantillon à 38 plants soit une superficie de 6,75 m^2.

Mise en place et conduite de l'essai

Préparation du terrain

La préparation du terrain a consisté au défrichement, au labour, à la délimitation des blocs et des parcelles expérimentales, au chaulage, à l'application d'engrais de fond suivie de leur incorporation dans le sol.

- ***Défrichement et labour***

Trois semaines avant le semis, un défrichage a été effectué à la houe. Cette opération était suivie d'un labour superficiel une semaine après. On a profité de cette même occasion pour enfuir la friche, en vue d'augmenter la teneur du sol en matière organique.

- ***Piquetage et traçage des lignes (mise en place du dispositif expérimental)***

La délimitation des parcelles a été faite grâce au décamètre, à ficelle ainsi qu'aux piquets en bois.

- ***Chaulage***

Les sols de Kinshasa sont généralement acides. Dans le but de faciliter l'assimilation des éléments nutritifs, un chaulage d'entretien a été pratiqué en épandant une dose correspondante de 2 tonnes de la chaux agricole ($CaCO_3$) par hectare, deux semaines avant le semis.

- ***Application d'engrais de fond***

A quatre jours du semis, nous avons apporté l'engrais NPK17-17-17 comme engrais de fond, conformément aux quantités indiquées pour chaque traitement :

- 200kg/ha pour T_1 et T_2 ;

- 100kg/ha (microdose) pour T_3 et T_4.

- ***Incorporation d'engrais de fond et nivellement***

Juste après l'épandage de NPK17-17-17, nous l'avons enfui à l'aide d'un râteau pour mettre les éléments nutritifs à l'abri de ruissellement et de lessivage. Le sol a été ensuite nivelé, à l'aide du même râteau, pour effacer les décombres.

Semis

Il a été effectué en date du 14 mars 2020 en lignes équidistantes de 75 m avec un écartement de 0,25 m dans la ligne, à raison de 2 grains par poquet d'environ 4 cm de profondeur. La levée a eu lieu 6 jours après, sur tout le champ.

Soins d'entretien

Les soins d'entretien ont consisté au contrôle de la densité, aux sarclages, au buttage, aux traitements phytosanitaires, à la fertilisation de couverture et à l'arrosage.

- ***Contrôle de la densité***

Deux semaines après la levée, nous avons procédé au démariage en laissant 1 plant vigoureux par poquet. Chaque fois qu'on constatait un vide dans un poquet, on laissait deux plants dans le poquet adjacent pour compenser. Ce qui a donné une densité à 53333plants/ha.

- ***Traitement phytosanitaire***

Trois pulvérisations de l'EMACOT ont eu lieu à l'aide d'un atomiseur, afin de lutter contre la chenille légionnaire d'automne (*Spodoptera frugiperda* J.E Smith) qui a attaqué le champ déjà trois semaines après la levée.

- ***Contrôle des adventices***

Deux sarclo-binages ont été effectués en tenant compte du stade de développement de la culture et du niveau d'envahissement des champs expérimentaux par les adventices. Le premier, lors du démariage et le second suivi d'un buttage lors de l'application de la deuxième dose d'engrais de couverture. Pour ce faire, nous avons utilisé une petite houe (daba).

- ***Application d'engrais de couverture***

Les apports d'urée et d'engrais foliaire (super Gro) sont intervenus deux fois, au 21ème et au 51ème jour après semis (JAS). L'Urée a été apportée une fois à la dose de 50kg/ha pour T_4 et deux fois à la dose de 100kg/ha (2 fractions de 50kg) pour T_1. Tandis que le Super Gro était pulvérisé à deux reprises à l'aide d'un pulvériseur manuel, 21 jours et 51 jours après semis, en deux fractions égales. Cela a été fait pendant les dernières heures de la journée pour faciliter la pénétration du produit dans les stomates de la plante, et éviter aussi le risque de brûlure des feuilles. Les concentrations de produit ont été de 1/1000 sur T_2 et T_4, et de 2/1000 sur T_3. Ce qui a fait des doses de 333ml et 666 ml par hectare, respectivement pour (T_2 et T_4) et T_3.

Récolte

Cent vingt-quatre jours après semis, la récolte a été effectuée à la main épi par épi. Après la récolte, les épis ont été despathés et leurs poids ont été mesurés, pour chaque parcelle, à l'aide d'une balance pour obtenir les poids frais. Il s'en est suivi l'égrenage d'un échantillon de cinq épis tirés au hasard, en vue de déterminer le rendement à l'égrenage.

Enfin, nous avons prélevé l'humidité de grains à l'aide d'un testeur à affichage électronique (humidité au champ).

Paramètres étudiés et analyses statistiques

Collecte de données

Les données des paramètres retenus ont été collectées sur les deux lignes centrales de la parcelle élémentaire, d'une superficie de 6,75 m^2.

1) ***Paramètres de croissance***

Les des paramètres de croissance ont été mesurés trois fois, à trente jours d'intervalle soit 30 ; 60 ; et 90 jours après semis (JAS). Il s'agit de :

- la hauteur de plants (HP, en cm) : prélevée à l'aide d'un décamètre, du collet jusqu'au sommet de la panicule.
- le diamètre au collet (DC, en mm) : obtenu à l'aide d'un pied à coulisse au niveau de sa base du collet à la base de la plante.
- la hauteur à l'insertion de l'épi (HIE, en cm) : distance entre le collet et l'épi le plus éloigné (premier épi). Elle a été mesurée au 60ème jour après semis à l'aide d'un décamètre.

2) ***Paramètres de rendement***

La détermination des composantes du rendement a eu lieu à la récolte soit 124 jours après semis. Elle a permis en outre le prélèvement de premières données de rendement qui sont le poids frais au champ (PFC), l'humidité au champ (HC) et le rendement (Rdt) à l'égrenage. Ces variables sont les suivantes :

- ***Nombre moyen de grains /épi*** **:** c'est la moyenne arithmétique des nombres de grains de cinq épis prélevés dans chaque parcelle utile. Ce paramètre nous permet d'évaluer l'effet

de chaque combinaison d'engrais sur la fécondation et le remplissage des grains de la variété UPN1.

- ***Poids de mille grains (PMG, en g):*** obtenu en multipliant par 10 le poids de 100 grains pesés sur une balance de précision. Il permet de comprendre l'effet de différentes combinaisons d'engrais sur l'accumulation de la matière sèche dans le grain.
- ***Rendement (Rdt, en t/ha)*** **:** pour trouver les rendements**,** nous avons extrapolé la production parcellaire (6,75m^2) à l'hectare (10.000m^2) suivant la formule suivante :

$$Rdt = PFC \times 0.83 \times \frac{(100-HC)}{(100-14)} \times \frac{10.000}{S.U} \times \frac{1}{1.000}$$

Avec:

P.F.C : Poids frais au champ en g.

H.C : Humidité au Champ (%).

S.U: Superficie de la parcelle utile ;

$\frac{1}{1.000}$ 0,83 : Facteur de correction pour passer de kg en tonne.

Arrangement et traitement des données pour les analyses

Avant les analyses statistiques, les données collectées ont été arrangées et saisies sur une feuille Excel.

Analyses statistiques

Après arrangement, les données recueillies ont été soumises aux tests statistiques (analyse de variance, ANOVA) à l'aide du logiciel Statistix version 8.0. La comparaison des moyennes de différents traitements et paramètres a été réalisée à l'aide du test de la plus petite différence significative (ppds). A l'issue des analyses, la décision suivante a été prise :

- Si la probabilité est inférieure au seuil de 5% (α=0,05), la différence est dite significative, et notée avec un astérisque (*) ;
- Si la probabilité est inférieure au seuil de 1% (α=0,01), la différence est dite hautement significative, et notée avec deux astérisques (**) ;
- Au cas contraire, la différence est non significative, dans ce cas on note (NS).

RESULTATS ET DISCUSSION

RESULTATS

Les résultats du présent travail sont repris dans les paragraphes et tableaux qui suivent.

Diamètre au collet

Les résultats du diamètre au collet sont repris dans le tableau 2 infra. Ils indiquent des différences hautement significatives suivant le type de traitement appliqué à partir du 30ème jour, c'est-à-dire neuf jours après les différentes applications de fertilisants en couverture ($p < 0,01$) (Tableau 2). Deux groupes de diamètre ont été distingués au 30ème et au 90ème jour. Les plants de T_2 ont eu le plus grand diamètre au 30ème jour (21,13mm). Au 60ème jour, les plants de T_2 surclassent ceux des autres traitements avec un diamètre de 21,90 mm. Tandis qu'au 90ème jour, les plants de T_1 et T_2 se sont démarqués avec des diamètres respectifs de 18, 73 mm et 21, 78 mm. Il ressort de ces résultats que les plants de T_1 et T_2 ont donné de meilleurs diamètres par rapport aux autres traitements tout au long du cycle végétatif.

Tableau 2. Moyennes de diamètres au collet en fonction de traitements et du temps après semis

Traitement	Diamètres au collet (mm)		
	30 JAS	**60 JAS**	**90 JAS**
T_0	15,43±2, 46 b	16,05± 2,85 c	16,43 ± 2,51 b
T_1	17,78±3,36 b	18,70±2,89 b	18,73 ±3,13 ab
T_2	21,13± 2,01 a	21,90±1,94 a	21,78 ±2,3 a
T_3	16,48± 2,92 b	17,30 ±2,24 bc	17,20 ± 1,98 b
T_4	17,45± 2,23 b	17,95 ± 2,09 bc	18,03 ± 1,32 b
P	0,0009	0,0003	0,0046
LSD (0,01)	2,95	2,64	0.0046
CV (%)	7,74	6,65	8,67

Les moyennes suivies de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%. T_0= témoin (non fertilisé) ; T_1= 200kgNPK+100kgUree; T_2=200kgNPK+Super Gro (0,1%); T_3=100kgNPK+Super Gro (0,2%) et T_4=100kgNPK+50kg d'urée+Super Gro (0,1%). P= probabilité;

LSD= valeur de la comparaison des moyennes au seuil de 1% de probabilité et CV= coefficient de variation. JAS= jours après semis.

Hauteurs des plants et hauteur à l'insertion de l'épi

L'analyse de variance (ANOVA) a montré des différences hautement significatives concernant la hauteur (Tableau 3), à toutes les étapes de la croissance. Donc les traitements appliqués ont influencé la croissance en hauteur de la variété UPN1. Aux deux premières observations (30 JAS et 60 JAS), quatre groupes homogènes (a, b, c et d) se sont dégagés. Le premier est constitué des plants de plus grande taille, il s'agit du couple T_1 et T_2 avec des hauteurs respectives de 59,2 cm et 62,3 cm à 30 JAS ; et de 185,2 cm et 188,2 cm à 60 JAS. Le deuxième groupe est constitué de T_3, avec des hauteurs de 54,3 cm à 30 JAS et 175,2 cm à 60JAS. En dernière position viennent les traitements ayant de faibles hauteurs des plants, à l'occurrence T_4 (50,4 ±3,9 cm à 30 JAS et 166 cm à 60 JAS) et T_0 (45,7 cm à 30 JAS et 156,7
à 60 JAS). A 90 jours après le semis, on observe la formation de 3 groupes homogènes, T_1 et T_2 qui occupent toujours la tête d'affiche avec des hauteurs de 193,7 cm et 202,2 cm, respectivement.

Concernant la hauteur à l'insertion de l'épi, il en ressort que les épis les plus hauts placés ont été observés dans les parcelles traitées avec T_2 (72,37 cm) suivis de ceux de T_4 (61,23 cm). Alors que les hauteurs à l'insertion de carotte les plus faibles ont été remarquées sur T_1 (58,3 cm), T_3 (54,8 cm) et T_0 (50,0 cm) successivement.

Tableau 3. Moyennes des hauteurs de plants en fonction des traitements et du temps après semis

Traitement	**Hauteurs du plant (cm)**			**Hauteur à l'insertion de l'épi (cm)**
	30 JAS	**60 JAS**	**90 JAS**	
T_0	45,7±2,3d	156,7±13,7d	159,2 ±14,4c	50,00 ±8,8b
T_1	59,2 ±6,3ab	185,2 ±16,5a	193,7 ±22,1ab	58,32 ±14,8b
T_2	62,3 ±3,2a	188,2 ±12,7a	202,2 ±20,3a	72,37 ± 10,1a
T_3	54,3 ±5,1bc	175,2 ±10,6ab	176,2 ±12bc	54,80 ±9b
T_4	50,4 ±3,9cd	166,0 ±6,9bc	173,5 ±11c	61,23 ±5,4ab
P	0.0002	0.0072	0.0017	0.0123
LSD (0,05)	-	-	-	11.498
LSD (0,01)	7.9092	23.465	25.321	-
CV (%)	6,6	6,4	6,5	12,6

Effets combinés engrais minéraux - Super Gro sur le rendement de maïs

Les résultats sur le PMG, le nombre moyen de grains par épi, le poids frais au champ et le rendement en grains du mais sont présentés dans le tableau 4 infra. L'analyse de la variance au seuil de probabilité de 5% révèle que les traitements apportés ont induit des effets significativement différents les uns des autres concernant les paramètres cités supra, à l'exception du poids de mille grains (PMG).

Quant au poids de mille grains, l'analyse de la variance n'a montré aucune différence significative entre les traitements. Ce paramètre n'a pas été influencé par le facteur, que les différents traitements.

Toutefois, le poids de mille grains le plus élevé a été obtenu parle T_2 (346 g) et le plus faible par T_0 (291g). Les traitements ont suivi l'ordre suivant : T_2(346g) > T_1(339,5g) > T_4(330g) > T_3(313,3g) > T_0(291g).

En ce qui concerne le nombre moyen de grains par épi (NGE), les valeurs de T_1, T_2 et T_4 étaient comparables, et différentes de celles de T_0 et T_3 qui étaient par ailleurs comparables entre elles. La moyenne significativement supérieure a été obtenue dans les parcelles traitées au T_2 (278,25), tandis que la plus faible dans celles fertilisées au T_0 (176,25). Les données concernant le PFC (kg) se rangent de la manière suivante : T_2 (4,29) > T_1 (4,03) > T_4 (3,38) > T_3 (2,98) > T_0 (2,27). Les traitements T_1, T_2 et T_4 sont statistiquement identiques et différents de T_0 ; tandis que T_0, T_3, et T_4 sont statistiquement identiques. Mais, l'analyse de variance n'a montré aucune différence significative concernant les rendements dans les parcelles fertilisées au T_2, T_1 et T_4. Cependant, le traitement au T_2 a donné le rendement le plus élevé, 5,12 t/ha, suivi des traitements T_1 et T_4, ayant donné des rendements respectifs de 4,85 t/ha et 3,99 t/ha. Les plus faibles rendements sont observés chez T_3 (3,57 t/ha) et T_0 (2,73 t/ha).

Tableau 4. Moyennes des paramètres de rendement du maïs (var. UPN1)

Traitement	**Composantes du rendement et rendement**			
	PMG (g)	**NGE**	**PFC (kg)**	**Rendement ($t.ha^{-1}$)**
T_0	291,0± 23,3	176 ±62,5 c	2,27 ± 0,77c	2,73 ±0,95 c
T_1	339,5 ± 35,9	269 ±56,1 ab	4,03 ± 1,27ab	4,85 ± 1,62ab
T_2	346,3 ±17,9	278 ± 16,6 a	4,29 ± 0,43a	5,12 ±0,54 a

T_3	313,3±34,2	223 ±14,2 bc	2,98 ±0,29 bc	3,57 ± 0,39bc
T_4	330,2±37,5	239 ±14 ab	3,38 ± 0,35abc	3,99 ±0,65 abc
P	0,1016	0,0104	0,0138	0,0189
LSD (0,05)	NS	54,289	1,1515	1,4652
CV (%)	8,74	14,86	22,33	22,52

Légende : PMG= poids de mille grains ; NGE= nombre moyen de grains par épi et PFC= poids frais au champ.

Les résultats obtenus renseignent la supériorité des traitements T_1 et T_2 par rapport aux autres traitements concernant tous les paramètres étudiés, à l'exception de la hauteur à l'insertion de l'épi où T_2 et T_4 des valeurs plus élevées.

DISCUSSION

Diamètre au collet, Hauteur des plants et Hauteur à l'insertion de l'épi

Le traitement T_2 (200 kg NPK+Super Gro 0,1%) a présenté une croissance végétative supérieure comparativement au T_1 (200 kg NPK+100kg Urée) et les autres traitements dont le témoin.

Hormis l'effet positif du précèdent cultural, (*Mucuna pruriens),* cultivé sur l'ensemble du champ expérimental ainsi que l'apport de la chaux, les meilleures performances obtenues par les traitements T_2, T_1 et T_4, peuvent s'expliquer par une meilleure absorption minérale occasionnée par la combinaison des engrais minéraux et l'engrais foliaire (Super Gro). Ce dernier a probablement joué le rôle de stimulateur des plantes, et a permis aux plantes d'assimiler les nutriments apportés.

Dans des régions tropicales comme Kinshasa avec des sols sont généralement de texture sableuse, pauvres en matière organique et à pH faible (sols acides), associés à un climat agressif (BATIONO, 2006), auront comme conséquence une baisse rapide de fertilité (AKANZA *et* N'DA, 2018 ; ARISTIL, 2019). Dans des telles conditions la réussite de la culture devient fonction de la fertilisation et la nutrition minérale des plantes. Lorsque celle-ci est réduite, elle conduit à des difficultés d'ordre nutritionnel réduisant l'absorption minérale et la production des plantes (TSHIBINGU et al., 2017). A ce sujet, BEYA (2010) soutient que la fertilisation foliaire stimule la plante, par le fait qu'elle est en contact directe avec l'activité enzymatique. Le même auteur a signalé un effet positif de la fertilisation foliaire sur certains paramètres morphologiques du maïs (largeur des feuilles et diamètres au collet de la tige). En

Tunisie, LING et SILBERBOUCH (2002) ont démontré que l'efficacité des apports foliaires par rapport aux formes conventionnelles dépendait de la capacité de la plante à retenir l'engrais.

La différence constatée au niveau de la hauteur du plant est liée à l'azote apportée en grande quantité aux traitements T_1 et T_2. Cet élément nutritif joue un rôle très capital dans la croissance des plantes (FAIRHURST, 2015). Même si la hauteur à l'insertion de l'épi est une caractéristique variétale (NSIMBA *et al.*, 2019), la différence révélée pourrait être due à la corrélation qui existe entre ce caractère et la hauteur du plant.

Dans la présente étude, on a remarqué que les traitements qui ont donné des plants de grande taille (T_1 et T_2) ont donné également des hauteurs à l'insertion de l'épi élevées. Les résultats trouvés par OUMA *et al.* (2012), MAKAVU (2018) et YACOUBOU *et al.* (2021) ont stipulé une corrélation positive significative entre la hauteur du plant et la hauteur à l'insertion de l'épi.

Poids de mille grains, Nombre de grains par épi, Poids frais au champ et Rendement en grains secs

Les résultats ne signalent aucune différence significative pour ce qui est du poids de mille grains. Il constitue donc une caractéristique variétale de la variété UPN1. Le rendement et le nombre moyen par épi accusent des différences significatives entre les traitements. Ceci peut être lié, d'une part à l'assimilation minérale et d'autre part à l'effet de dose d'engrais. Ces améliorations encourageantes par rapport au témoin pourraient également être liées aux différences qualitatives ou quantitatives d'engrais influençant l'activité photosynthétique du maïs.

Les différences observées dans les parcelles ayant reçu doses similaires de NPK T_2 et T_1 pourraient être liées aux phosphore et potassium additionnels présents dans l'engrais foliaire. Ces éléments sont plus déterminants lors du remplissage des grains ; ce qui serait à l'origine des différences observées sur la croissance entre les unités expérimentales. L'amélioration relative de l'activité biologique, photosynthétique induite et le rendement obtenu suite à l'apport du super Gro dans les parcelles (T_2 et T_4), dénote la relation entre la production de biomasse, l'activité photosynthétique et le rendement.

Plusieurs études soutiennent l'existence d'une relation d'interdépendance positive entre le potentiel de production des maïs précoce et l'augmentation de son indice foliaire ainsi que l'existence de perte de rendement lors de la phase de remplissage des grains, suite à la réduction du potentiel photosynthétique de la plante (SY, 2004).

MORIZET *et al.* (2014) par ailleurs signalent une meilleure résistance à la sécheresse et une activité photosynthétique meilleure qui dure plus longtemps dans les plants ayant une surface foliaire plus grande.

Cet effet positif de la fertilisation foliaire a été également observé sur les paramètres morphologiques (largeur des feuilles et diamètres au collet de la tige), ainsi que sur le rendement chez le blé et le maïs (ZEIDAN *et al.,* 2010).

Certes, la plante puise principalement ses nutriments grâce aux racines et poils absorbants, mais les conditions physicochimiques du sol défavorables, réduisent considérablement parfois cette absorption. D'où l'intérêt de l'action foliaire comme autre mécanisme agronomique additionnel favorisant une meilleure production.

Des études antérieures rendant compte de l'influence significative de l'apport foliaire des microéléments sur le nombre moyen de grains par épi, le poids de mille grains et le rendement du maïs et du blé (TSHIMBOMBO *et al.*, 2018 ; ZEIDAN *et al.*, *Op. cit.*) viennent corroborer nos résultats. En effet, le traitement T_2 (200 kg/ha NPK+ Super Gro 0.1%) a montré une meilleure performance comparativement à celle du T_4 (100kg/ha NPK+50kg Urée). Cela serait en partie lié aux doses minimales de NPK de cette dernière, doublement inférieure à celle de T_2. TAVARES (2017) a stipulé que des doses excessives d'un biostimulant causent des déséquilibres chimiques, physiques et biologiques, rendant le sol impropre à la culture de certaines espèces, de la même manière que les engrais chimiques. Ce qui justifierait le rendement obtenu des microdoses T_3 (100 kg NPK/ha+Super Gro 0,2%) comparativement à T_4.

CONCLUSION

Réduire l'utilisation des engrais minéraux et le coût de production, tout en maintenant la productivité du maïs et le revenu des producteurs à Kinshasa, s'avère indispensable dans un milieu où les agriculteurs n'ont pas de revenus substantiels et croupissent dans la majeure des cas dans une pauvreté extrême. A cet effet, la présente étude a évalué la croissance et le rendement de la variété UPN1 de maïs fertilisée à des microdoses d'engrais minéraux en combinaison avec un biofertilisant (Super Gro) à Kinshasa, dans un essai en bloc complet randomisé avec quatre répétitions. Les résultats obtenus signalent des effets positifs de la combinaison de ces deux types d'engrais par rapport à l'usage exclusif d'engrais minéraux.

Les parcelles traitées à la combinaison entre 200kg NPK17-17-17 et un volume de 333millilitres de solution à base de Super Gro (0,1%) par hectare, ont présenté une très bonne croissance et un bon rendement contrairement à celles fertilisées uniquement avec les engrais

conventionnels (200kg NPK17-17-17 + 100 kg Urée par hectare). Ceci nous renseigne qu'en présence de Super Gro, l'utilisation de l'urée constitue une charge inutilement budgétivore et moins rentable.

D'autre part, nous avons réalisé que les microdoses de NPK17-17-17 + Urée associées à Super Gro pulvérisé à 0,1 % (T_4) procure un rendement supérieur par rapport au traitement où l'on a doublé sa concentration à 0,2% et sans apport d'Urée.

Cette étude recommanderait l'application de T_4 pour l'optimisation de la productivité du maïs en général, et de la variété UPN1 en particulier au cas où le choix entre ces deux microdoses serait à faire.

La dernière décision cependant dépendra des analyses économiques que nous allons présenter dans une étude ultérieure.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AKANZA, P.K. et N'Da, A.H. (2018). Effets de l'engrais sur la fertilité, la nutrition et le rendement du maïs : incidence sur le diagnostic des carences du sol. *J. Soc .Ouest-Afr. Chimie* (45) : 54-66.

ARISTIL, J. (2019). Effet de trois types de fertilisants sur les paramètres végétatifs et productifs du sorgho en Haïti. *International journal of Biological and Chemical Sciences* 13(2) :720-726.

BATIANO, A. (2006). African soils: their productivity and profitability of fertilizer use. In Proceedings of the Africain fertilizer summit, June 9-13, Abuja, Nigeria.

BEYA, B.H. (2010). Effet du désherbage et de la fertilisation foliaire sur la productivité du mais fourrager (*Zea mays* L.) dans les sols calcaires tunisiens. *Acta Bot. Gallica*, 157 (2) : 369-378.

BULOT, S. (2013). Biostimulants : un marché neuf qui s'organise. *Semences et Progrès*, Volume 159, pp : 163-171.

CAID et PAM (2018). Sécurité alimentaire, niveau de production agricole et animale, évaluation de la Campagne Agricole 2017- 2018 et Bilan Alimentaire

du Pays, Rapport annuel, Ministère d'Agriculture, République Démocratique du Congo, 75 pages.

CALVO, P., NELSON, L. et KLOEPPER, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and soil*.

CHAUSSE, J.P., KEMBOLA, T. et NGONDE, T. (2012). ''L'agriculture pierre angulaire de l'économie de la RDC", dans Johannes Herderschee, Daniel Mukoko Samba et Moïse Tshimenga Tshibangu (editeurs), *Résilience d'un Géant Africain : Accélérer la Croissance et Promouvoir L'Emploi en République Démocratique du Congo*, Volume II : Etudes sectorielles, MEDIASPAUL, Kinshasa, 97 pages.

FAIRHURST, T. (2015). *Manuel de Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols*, Consortium Africain pour la Santé des Sols, Nairobi, 169 pages.

FARDEAU, J. et JONIS, M. (2003). *Phytostimulants et éliciteurs pour végétaux - Propriétés et garanties règlementaires*, 38 pages.

FRAPNA (2013). Des alternatives aux engrais de synthèse, Rhône-Alpes, France, 6 pages.

LING, F. et SILBERBOUCH, M. (2002). Responses of maize to foliar vs soils application of nitrogen-phosphorus-potassium fertilizers, *J.Plant Nutr*. (25): 2333-2342.

LUNZE, L., KIMANI, P.M., NGATOLUWA, R., RABARY, B., RACHIER, G.O., UGEN, M.M., RUGANZA, V. et AWADELKARIM, E.E. (2007). Bean improvement for low soil adaptation in Eastern and Central Africa. In: Bastiano A., Waswa B., Kihara J., Kimetu J (eds). Advances in integrated soil fertility management in sub-sahara africa: Challenges and opportunities, Springer, The Netherlands, 324-332.

MAKAVU, B. (2018). Evaluation and identification of single-cross maize hybrids for use in tester development. School of Agricultural, Earth and Environmental Science College of Agriculture, Engineering and Science. University of Kwazulu-Natal, South Africa, 125 pages.

MBUYA, K. A. (2014). *Sélection, développement, caractérisation et diffusion des variétés de maïs à haute teneur de protéines de qualité en RD Congo. Analyses*

agronomiques, nutritionnelles et génétiques, Thèse de doctorat, FSA/UPN/RDC, 150 pages.

METTELSAT (2020). Rapport 2020 de l'Agence Nationale de Météorologie et de Télédétection par Satellite de Binza Delvaux.

MOKUBA, W., KIZUNGU, R.V. et LUMPUNGU, K. (2013). Evaluation de l'effet fertilisante de Mucuna utilis L. face à deux doses de NPK (17-17-17) sur la croissance et production de la variété samaru du maïs (*Zea mays* L.) dans des conditions optimales, *Journal en ligne de l'ACASTI et du CEDESURK* 1(01) : 23-32.

MORIZET, J., CRUIZIAT, P. et TOGOLA, D. (2014). *Quelques données et réflexion sur les mécanismes de résistance à la sècheresse à partir des exemples du maïs et du tournesol*, 41 pages.

MULIELE, M.T., BLANDINE, M., CAPALAY, O.M. et MAFUKA, P.M. (2017). Amendements organiques et dynamique de l'azote minéral dans le sol de Kinshasa. RD Congo. *Journal of animal & plants Sciences*, vol 32(2) : 5156-5167.

NSIMBA, N.D., ASANZI, M.C. et MUDIMBIYI, P. (2019). Effets des doses croissantes d'azote et de phosphore sur deux variétés de maïs (*Zea mays* L.) var Mudishi1 et Pan53) dans les conditions édapho-climatiques de kinshasa, *Revue Africaine d'environnement et d'agriculture* 2019, 2(1) : 52-59. http://www.rafea-congo.com.

OUMA, E., LIGEYO, D., MATONYEI, T., WERE, B., AGALO, J., TOO, E., ONKWARE, A., GUDUS, S., KISINYO, P., OKALEBO, J. and OTHIENO, C., (2012). Development of maize single cross hybrids for tolerance to low phosphorus. *African Journal of Plant Science* Vol. 6(14) : 394-402, http://www.academicjournals.org/AJPS.

SHOMBA, K.S., MUKOKA, N.F., OLELA, N.D., KAMINAR, T.M. et MBALANDA, W., (2015). *Monographie de la Ville de Kinshasa*, KREDES-Kinshasa-2015, 103 pages.

SY, A.A. (2004). Conduite de la culture du maïs en zone cotonnière sénégalaise. Analyse des pratiques paysannes dans le département de Vélingiara, Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome, spécialité : production végétale, Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture (ENSA), Thiès, Sénégal, 76 pages.

TAVARES, G. (2017). *Biofertilisants et Compostage-Suppléments*, Projet « voix d'Afrique ». Présentation des résultats et supplements, République federative du Brésil, 48 pages.

THIBODEAU, S., CANTIN, J., FILION, P., GUAY, D., RIVESTE, R., THIBAULT, E. et TREMBLAY, G. (2006). Fertilisation azotée dans le mais-grain, Programme d'atténuation de gaz à effets de serre, 8 pages.

TSHIBINGU. R. M., MUKADI, T., MPOYI, B. M., NTATANGOLO, B. M., MUSENGE, D. K., TSHIBINGU, M. I., KAZADI, J. N., NYEMBO, D.N. et MUSHAMBANI, T.M. (2017). Évaluation de la productivité du maïs (Zea mays L.) sous amendements organique et minéral dans la province de Lomami, République Démocratique du Congo, *J. Appl. Biosci.* 2017 (109): 10571-10579.

TSHIMBOMBO, T., MBUYA, K., MUKENDI, T., BOMBANI, B., MAJAMBU, B.B., KABOKO, K., MULUMBA, B. et KAMUKENJI, N. (2018). L'influence des fertilisants organiques liquides D.I. GROW et inorganiques NPK 17-17-17 + Urée sur le rendement et la rentabilité de la culture du maïs à Ngandajika, *Journal of Applied Biosciences* (122): 12256-12261.

YACOUBOU, A., OROU, S.M., ADIO, H., YAOÏTCHA, A.S., ZINSOU, BACHABI, V.F. et ZOUMAROU, N.Z (2021). Evaluation de la variabilité morpho-physiologique d'accessions de maïs (*Zea mays* L.) collectées dans le Nord-Bénin. *Journal de Géographie Rurale Appliquée et Développement*, 01(1): 51-64.

ZEIDAN, M.S., MOHAMED, M.F. et HAMOUDA, H.A. (2010). Effect of foliar fertilization of Fe, Mn, and Zn on wheat yield and quality in low sandy soils fertility. *World journal of Agricultural science* vol.6 (6):696-699.